

SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP11220224
Publication date: 1999-08-10
Inventor: FUKUNAGA TOSHIAKI; WADA MITSUGI
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
Classification:
- international: H01S3/18
- european:
Application number: JP19980317644 19981109
Priority number(s):

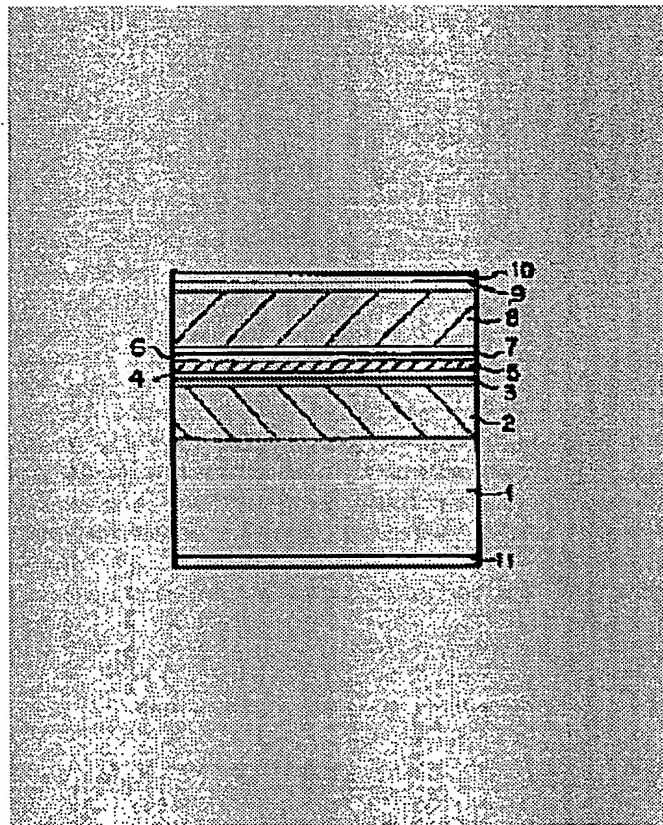
Also published as:

EP0920096 (A2)
US6127691 (A1)
EP0920096 (A3)
EP0920096 (B1)

Abstract of JP11220224

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reliability of a semiconductor laser of a wavelength of a $0.8\text{-}\mu\text{m}$ band in high-output oscillation.

SOLUTION: An n-type $\text{Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$ clad layer 2, an n-type $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ optical waveguide layer 3, an i-type $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ tensile strain barrier layer 4, an $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ quantum well active layer 5, an i-type $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ tensile strain barrier layer 6, a p-type $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ optical waveguide layer 7, a p-type $\text{Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$ clad layer 8 and a p-type GaAs contact layer 9 are successively formed on an n-type GaAs substrate 1. The layers 2 and 8 and the layers 3 and 7 are respectively formed in a compositional ratio which makes a lattice matching with the substrate 1, the total layer thickness of the layers 4 and 6 is formed into a thickness of 10 to 30 nm, and the compositions of the layers 4 and 6 are set on the conditions that the amount of strain of the tensile strains for the layers 4 and 6 be the amount of strain multiplied by the total layer thickness is equal to 0.05 to 0.2 nm.



BEST AVAILABLE COPY

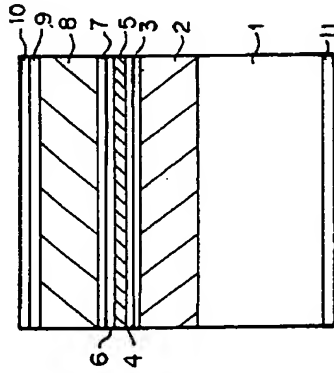
THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) 特開平11-220224
(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl. ⁴ H01S 3/18	識別記号 677	FI H01S 3/18 677
審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 16 頁)		
(21) 出願番号 特願平10-317644	(71) 出願人 富士写真フイルム株式会社 〒410-0001 静岡県沼津市中区210番地	00005201
(22) 出願日 平成10年(1998)11月9日	(72) 発明者 福永 敏明 〒410-0001 静岡県沼津市中区210番地	
(31) 優先権主張番号 特願平9-323178	(73) 発明者 和田 賢 〒410-0001 静岡県沼津市中区210番地	
(32) 優先日 平9(1997)11月25日	(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)	
(33) 優先権主張国 日本 (J P)		

(54) 発明の名称 半導体レーザ装置

(57) 【要約】
【課題】 0.8 μm 帯の半導体レーザにおいて、高出力発振下における信頼性を向上させる。
【解決手段】 n-GaAs 基板 1 上に、n-Ga_{1-x}In_xAs クラッド層 2、n-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 光導波層 3、i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 引張り歪バリア層 4、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 量子井戸活性層 5、i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 光導波層 6、p-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 引張り歪バリア層 7、p-Ga_{1-x}In_xAs_{1-y}P_y クラッド層 8、p-GaAs コンタクト層 9 を順次形成する。そして各クラッド層 2、8 および各光導波層 3、7 はそれぞれ GaAs 基板 1 に格子整合する組成比とし、引張り歪バリア層 4、6 の合計厚率は 10~30 nm とし、また引張り歪バリア層 4、6 の組成は、引張り歪の歪量が、歪量×合計厚率=0.05~0.2 nm とするものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaAs 基板 1 上に、p および n 型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 量子井戸活性層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 第二光導波層、第二クラッド層、p 型および n 型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二光導波層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリア層が、前記 GaAs 基板に対して引張り歪を有する、合計厚率 10~30 nm の層であって、その引張り歪の歪量×合計厚率=0.05~0.2 nm を満たす組成からなり、

前記 In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 量子井戸活性層が、前記 GaAs 基板に格子整合する組成、もしくは、前記 GaAs 基板に対して 0.003 までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 GaAs 基板 1 上に、p 型および n 型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 量子井戸活性層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 第二光導波層、p 型および n 型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二光導波層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二バリア層が、前記 GaAs 基板に対して引張り歪を有する、合計厚率 10~30 nm の層であって、その引張り歪の歪量×合計厚率=0.05~0.2 nm を満たす組成からなり、

前記 In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y 量子井戸活性層が、前記 GaAs 基板に格子整合する組成、もしくは、前記 GaAs 基板に対して 0.003 までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザ装置に関し、詳しくは半導体レーザ装置を構成する半導体層の組成に関するものである。

【0002】
【従来の技術】 従来、0.7~0.85 μm 帯の半導体レーザとしては、n-GaAs 基板に、n-AlGaAs クラッド層、n または i-AlGaAs 光導波層、i-AlGaAs 活性層、p または i-AlGaAs 光導波層、p-AlGaAs クラッド層、p-GaAs キャップ層を積層してなる半導体レーザが一般的である。しかし、この構造では活性層に Al を含み、Al は化学的に活性で酸化さ

るものとする。
【0003】
【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い 0.8 μm 帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。
【0004】
【課題を解決するための手段】 本発明による 1 つの半導

れやすいため、劈開して形成した共振端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。
【0003】 そこで、オール Al フリーとなる 0.75 nm 帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 1, No. 4 (1994) p. 465 に示されるように n-GaAs 基板 1 上に、n-InGaP クラッド層、アンドロップ InGaAsP 光導波層、GaAs 量子井戸活性層、アンドロップ InGaAsP 光導波層、p-InGaP クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、この Al フリーの半導体レーザは量子特性の温度依存性が大きく、最高出力は 4.2 W と高いが、光出力 1 W 以上で漏れ電流の発生により発光効率が低くなるという欠点を有しており、0.8 μm 近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上耐えないものである。
【0004】 一方、活性層が Al フリーとなる 0.8 μm 帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175~L1177 に示されているような n-GaAs 基板に n-AlGaAs クラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAs クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが報告されている。しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより量子特性の温度特性が大きいという欠点を持っており、高出力発振時の駆動電流が増大し、発熱に伴う量子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

【0005】 また、IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 3, No. 2 (1997) p. 180 に、活性層として、基板に対して圧縮歪を有する組成比の GaInP 半導体を用い、該活性層の圧縮歪をキャンセリングする以上の引張り歪を有する AlGaInP 層をサイドバリア層として備えて、レーザ素子の出射端面近傍で結晶構造緩和を生ぜしめ、端面におけるバンドギャップを大きくすることにより、レーザ発振時の光の吸収を小さくして端面での光吸収による素子の劣化を低減し、信頼性を向上した半導体レーザが提案されている。しかしながら、InGaAsP 系の活性層により 800 nm 帯の半導体レーザを構成しようとする場合、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 21 (1982) p. L323 に示すように InGaAsP 系の組成比とバンドギャップとの関係において相分離を起こす組成領域が、圧縮歪を有する組成比と重なるために、InGaAsP 系の半導体層により大きな圧縮歪を有する活性層を形成することが困難であり、上記文献に示されるような信頼性の高い半導体レーザを 800 nm 系半導体レーザにおいて実現することは困難である。

【0006】
【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い 0.8 μm 帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。
【0007】
【課題を解決するための手段】 本発明による 1 つの半導

れやすいため、劈開して形成した共振端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。
【0003】 そこで、オール Al フリーとなる 0.75 nm 帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics technology Letters, Vol. 1, No. 4 (1994) p. 465 に示されるように n-GaAs 基板 1 上に、n-InGaP クラッド層、アンドロップ InGaAsP 光導波層、GaAs 量子井戸活性層、アンドロップ InGaAsP 光導波層、p-InGaP クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、この Al フリーの半導体レーザは量子特性の温度依存性が大きく、最高出力は 4.2 W と高いが、光出力 1 W 以上で漏れ電流の発生により発光効率が低くなるという欠点を有しており、0.8 μm 近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上耐えないものである。
【0004】 一方、活性層が Al フリーとなる 0.8 μm 帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175~L1177 に示されているような n-GaAs 基板に n-AlGaAs クラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAs クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが報告されている。しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより量子特性の温度特性が大きいという欠点を持っており、高出力発振時の駆動電流が増大し、発熱に伴う量子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

【0005】 また、IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 3, No. 2 (1997) p. 180 に、活性層として、基板に対して圧縮歪を有する組成比の GaInP 半導体を用い、該活性層の圧縮歪をキャンセリングする以上の引張り歪を有する AlGaInP 層をサイドバリア層として備えて、レーザ素子の出射端面近傍で結晶構造緩和を生ぜしめ、端面におけるバンドギャップを大きくすることにより、レーザ発振時の光の吸収を小さくして端面での光吸収による素子の劣化を低減し、信頼性を向上した半導体レーザが提案されている。しかしながら、InGaAsP 系の活性層により 800 nm 帯の半導体レーザを構成しようとする場合、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 21 (1982) p. L323 に示すように InGaAsP 系の組成比とバンドギャップとの関係において相分離を起こす組成領域が、圧縮歪を有する組成比と重なるために、InGaAsP 系の半導体層により大きな圧縮歪を有する活性層を形成することが困難であり、上記文献に示されるような信頼性の高い半導体レーザを 800 nm 系半導体レーザにおいて実現することは困難である。

【0006】
【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い 0.8 μm 帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。
【0007】
【課題を解決するための手段】 本発明による 1 つの半導

3. 体一ナザ装置は、GaAs基板上に、p型およびn型の導電性を有する第一ナザ下層、第一光増強層、In_{0.2}Ga_{0.8}Al_{0.1}xAl_{0.9}P_{0.2} 第二ナザ下層、In_{0.3}Ga_{0.7}Al_{0.1}xAl_{0.9}P_{0.2} 第二ナザ下層、量子井戸活性層、In_{0.2}Ga_{0.8}Al_{0.1}xAl_{0.9}P_{0.2} 第二ナザ下層、第二光増強層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二ナザ下層がこの順に積層されている半導体ナザ装置であって、前記第一および第二ナザ下層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、前記第一および第二光増強層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、前記第一および第二ナザ下層が、前記GaAs基板に対して、前記第一および第二ナザ下層の合計層厚10~30nm程度であって、その引張り歪を有する、合計層厚0.05~0.2nmを有した組成からなり、前記In_{0.3}Ga_{0.7}Al_{0.1}xAl_{0.9}P_{0.2} 量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して、0.003 までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とするものである。

[0008] 本発明による別の半導体レーザ装置は、第一および第二バリア層が $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 系組成からなり、その他の構成は上記第1の半導体レーザ装置と同様とされたものである。

[0009] ここで、前記計算厚とは、前記第一および第二バリア層の層厚を合わせたものをいう。

[0010] また第一および第二バリア層の前記 GaAs 板に対する引張り応の強度とは、該強度を Δ とし、(As基節の格子定数を a_{GaAs} とし、バリア層の格子定数を a_1 とした場合) $\Delta = (a_{\text{GaAs}} - a_1) / a_{\text{GaAs}}$ で表されるものである。

[00111] 同様に、前記量子井活性層の前記GaAs板に対する引張り歪の歪量とは、該板歪を Δ_2 とし、性質の格子定数を a_2 とした場合 $\Delta_2 = (a_{\text{GaAs}} - a_0) / a_{\text{GaAs}}$ で表されるものである。一般に、格子歪率とは歪量 Δ_2 が $-0.0025 \leq \Delta_2 \leq 0.0025$ であるとする。前記InGaAsP 量子井活性層が、前記GaAs基板に格納層を含む組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成とは、 $-0.25 \leq \Delta_2 \leq 0.003$ を満たす組成をいう。

【00121】
1
[発明の効果] 本発明の半導体ヘテロは、活性層にInGaAsを含み、組成で調整されているため、活性層にInを含有する従来の0.8 μm 量子半導体ヘテロと比較して順方向の電圧降下特性が高い。また、InGaAsp 引張弾性が高い。また、InGaAsp 近傍での格子緩和がバリア層を設けたことにより活性層近傍での格子緩和が小さく、この格子緩和によるバリアキャリアを大きくし、この格子緩和によるバリアキャリアを大きくすることができ、また、InGaAsp あるいはInGaAsp 引張弾性により活性層とバリア層との障壁高さを高くすることにより、活性層から光放射層への電子の正味の流れを低減することができる。これにより、電流を低減することができ、量子層面における熱熱

減することができるので、高出力発振時における素子の信頼性を向上させることができる。

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0015】有機金属相成法により、 π -GaAs基板1に、 π -GaI- γ -Al₃Al₃ラッパ層2、 n または π -In₃Ga₃-1-xAl₃¹-1^y₃¹、光吸収層3、 π -In₂Ga₂-xZn₂¹-yZn₂¹層4、In₃Ga₃-xZn₃¹-yZn₃¹量子井構造層5、 π -In₂Ga₂-xZn₂¹-yZn₂¹層6、 p 層5、 π -In₂Ga₂-xZn₂¹-yZn₂¹層7、 p -GaI- γ -Al₃Al₃ラッパ層8、 p -GaAsコンタクト層9を形成する。その後にコンタクト層9および基板1のそれぞれ、各クワリパ層2、8および光吸収層3、7はそれぞれGaAs基板1に格子整合する組成比とするが、上記の他InGaAlAs系の半導体層を用いてもよい。

[0016] また、本実施形態においては、量子井戸性層5は基板1に格子整合する変量 α の0.007となる組成を有し、量子井戸性層5に対して変量 β の0.003までの引張り歪を有する。また、量子井戸性層5とGaAs基板1に対して変量 γ の0.0mm以内とする。また、(合計層厚)との割合は、0.1mm以内とする。

また、引張り歪 β が層厚 γ である、その合計層厚が10~30nmの範囲で所定の厚さで、変量 $\alpha \times$ 合計層厚=0.05~0.2nmとなる組成であればよい。

[0017] 上記半導体レーザ素子と、該半導体レーザ素子によって形成された引張り歪バリウム層を有しない50μm幅のストライプを有する半導体レーザ素子とについて行った結果を図2および図3に示す。図2は、引張り歪バリウム層を有する本発明の半導体レーザ素子（点線）と引張り歪バリウム層を有しない素子（実線）の光出力の比較を示したものである。図3は本発明の半導体レーザ素子（○）と引張り歪バリウム層を有しない素子（×）の間接電流I_{ph}の温度依存性を示したのである。図2および図3から、引張り歪を有しない素子に比べて、半導体レーザ素子は、引張り歪を有しない素子に比べて、最高光出力は約0.3 W大きく（図2参照）、室温での温度依存性は小さい（図3参照）という結果が得られた。

[0018]一般に、開閉電流 I の温度依存性は

$$(T) = I_0 \exp(T/10)$$
 で表される。ここで、 T_0
 性温度であり、この特性温度が高いほど素子の開閉
 の温度依存性は小さく、高出力発振時において安
 向上した素子であるといえる。引張り歪 ϵ が 7% 幅

る菓子においては、20℃から50℃の範囲では $T=0.223$ Kであり、引張り歪み、バリ層を有しない菓子より30K程度特性温度が上昇した。また、50℃から80℃の高温領域においては本発明のレーザ菓子の特性温度は125 Kであり、バリ層を有しない菓子より15K程度特性温度が上昇した。

[0019] 本半導体レーザは、活性層下の上下いまだ面欠けが高く、また、前述のように活性層の層間に引張り歪バリア層4、6を備えたことによる活性層近傍の光子吸収によりバンドギャップを大きくすることができ、結果として出射端面における光の吸収を低減することができる。また、張り引張り歪バリア層により活性層とバリア層との屈折率差を大きくすることにより、活性層から光照射層への電子および正孔の漏れを低減することができ、以上の効果により、駆動電流を低減することができる。素子端面における駆動電流を低減することができるので高出力発振下においても駆動電流の高い0.8 μm 帯の半導体レーザを実現することができる。

【0020】また、上記実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性を用いているが、p型の導電性の基板を用い、p型半導体層から成長させて半導体層を構成してもよい。

【0021】なお、上記実施の形態に於いては、半導体全面電極形成型の半導体デバイスにおいて、コシタクト層上にストライプ状の電極注入層を有する絶縁膜を形成した利得導波型ストライプレーザとしてもよい。さらに、上記本実施形態の半導体レーザの半導体層を用いて、通常のフォトリソグラフィやドライエッチング法を用いて作製される、屈折率平坦化膜を半導体レーザ、回路付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0022】次に本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図4に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

[illegible]

(10024) この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜33の、幅3 μ m程度のストライプ状部分32aを残し、その両サイドの幅6 μ m程度のストライプ状部分32bを除去し(図面(b))、この残されたストライプ状

の絶縁膜32aをエッチングとしてウエットエッチングによりコンパクト層1からエッチング阻止層29の上面までのエピタキシャル層を除去してリジンストライプを形成する(図面(c))。このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水を用いると、エッチングがエッチング阻止層29で自動的に停止する、上部第一クラッド層28の厚みは、上述のようにして形成されたリジンストライプの厚みにおいて単一基板モードによる屈折率増大が高出力まで達成できるような厚みとする。次に絶縁膜32aを除去して、リジンストライプおよび露出しているエッチング阻止層29の全面に絶縁膜33を形成する(図面(d))。あるいは、通常のリソグラフィにより、リジンストライプ層1上の絶縁膜33を除去して(図面(e))、露出されたコンパクト層31を覆うようにしてP側電極34を形成する。その後、基板21の研磨を行いn側電極35を形成する(図面(f))。

[0025] その後、材料を昇膜して形成した共振器面的一面に高阻材料層1、低阻材料層2を行ない、その後、チャージド半導体レーザ素子層を形成する。上記構造により、単一モードを隔ったまま、高いいベルの光出力0.08 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【0026】本発明の第3の実施形態に於ける半導体10のザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図5に示す。以下、この半導体10の層構成を作製方法と併せて説明する。

[illegible]

【0081】この後、通電のストライプ状部分52aを貫し、線53の幅3 μ m程度のストライプ状部分52bを貫し、その両側の幅6 μ m程度のストライプ状部分52cを除去し（図面（b））、この残されたストライプ状部分52aをマスクとしてエッチングエッチングによるコンタクト部50aから上部第一クラッド層48a上面までのエッチング層を除去してリッジ状ストライプを形成（図面（c））。エッチング法として、コンタクト層を除去するために硫酸と過酸化水素水を用い、上部第一クラッド層を除去するために硫酸を用いると、エッチングが上部第一クラッド層48dで自動的に停止する。上部第一クラッド層48dの厚みは、上述のようにして形成されたリッジ状ストライプ幅の両側面において単一基準線11による図形等測法が高出力まで達成できるように

(5)

7

みとする。次に絶縁膜52aを除去してから、リッジ部および露出している上部第一クラッド層18の全面に絶縁膜53を形成する(図面(d))。次いで、通常のリソグラフィにより、絶縁膜53のリッジストライプ層19上に形成された部分を除去し(図面(e))、露出されたコンタクト層50を覆うようにしてp側電極54を形成し、その後、基板41の研削を行いn側電極55を形成する(図面(f))。

【0029】その後、試料を野間して形成した共振器面の一面に高反射率コート、他面に低反射率コートを行い、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一モードを保ったまま、高いレベルの光出力のレーザ光を発生させることができる。

【0030】さらにまた、上記と同様のエッチング停止機構を用いて、3回の成長工程を繰り返すことにより埋め込み構造の屈折率導波レーザを作成することも可能である。

【0031】次に、本発明の第4の実施形態について説明する。図6は、本発明の第4の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0032】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板101上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層102、nまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層103、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層104、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層105、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層106、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層107、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層108、p-GaAsコンタクト層109を形成する。次いでコンタクト層109の上にp側電極110を形成し、その後基板101を研削してからn側電極111を形成する。

【0033】次に、試料を図の紙面に垂直な面で野間して形成した2つの共振器面の一方に高反射率コート、他方に低反射率コートを施して、本実施形態の半導体レーザが完成する。

【0034】本実施形態においても、量子井戸活性層105はGaAs基板101に格子整合する組成、あるいは、この基板101に対して至量0.003までの引張り歪を有する組成とする。さらに量子井戸活性層105は多量量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪と活性層の合計の厚み(合計層厚)との積は、0.1nm以内とする。

【0035】また、引張り至バリ層106は、その合計層厚が10~30nmの範囲の所定の厚さで、至量×合計層厚=0.05~0.2nmとなる組成とする。引張り至バリ層106は、3元のIn_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2層であってよい。

【0036】本実施形態においても、上述の通りの構成を採用していることにより、既に説明した実施形態におけるのと同様の効果が得られる。

【0037】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の

【0044】次に、試料を野間して形成した共振器面の

8

半導体レーザについて説明した。コンタクト層109上にストライプ状の電流注入窓を有する絶縁膜を形成した利得導波型ストライプレーザとしてよい。さらに、本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率導波機構付き半導体レーザ、屈折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することし得る。

【0038】また、上記実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0039】次に本発明の第5の実施形態に係る半導体レーザの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図7に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0040】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板121上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層122、nまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層123、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層124、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層125、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層126、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層127、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層128、p-GaAsコンタクト層129を順次積層し、さらにこのコンタクト層129上にSiO₂等の絶縁膜130を形成する(図7(a))。

【0041】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜130の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の絶縁膜130を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜130をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層127の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0042】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層129をエッチングし、硫酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層128を除去すれば、エッチングがpまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層127の上面で自動的に停止する。なおpまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0043】次に絶縁膜130を除去後、リッジ部および露出している光導波層127の全面に絶縁膜131を形成する(図面(b))。次いで、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ層129上の絶縁膜131を除去し、露出したコンタクト層129を覆うようにしてp側電極132を形成し、その後、基板121の研削を行なってからn側電極133を形成する(図面(c))。

【0044】次に、試料を野間して形成した共振器面の

9

一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0045】上記構造により、単一モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0046】以上は、狭ストライプの単一モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい。また引張り至バリ層10は、4元のIn_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2から形成してもよい。

【0047】次に、本発明の第6の実施形態に係る半導体レーザの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図8に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0048】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板141上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層142、nまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層143、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層144、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層145、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層146、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層147、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層148、p-GaAsキャップ層149を順次積層し、さらにこのキャップ層149上にSiO₂等の絶縁膜150を形成する(図8(a))。

【0049】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜150の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の絶縁膜150を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜150をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層147の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0050】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsキャップ層149をエッチングし、硫酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層148を除去すれば、エッチングがpまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層147の上面で自動的に停止する。

【0051】その後、選択成長により、クラッド層148より屈折率の小さい、厚みが1μm程度の、基板141に格子整合するn-In_{0.48}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.52}P電流阻止層151を形成する(図面(b))。

【0052】なおn-In_{0.48}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.52}P電流阻止層151の組成と、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような組成、厚みとする。

【0053】次に絶縁膜150を除去して、p-GaAsコンタクト層152を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層152の上にp側電極153を形成し、その後、基板141の研削を

(6)

10

行なってからn側電極154を形成する(図面(c))。、【0054】次に、試料を野間して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0055】上記構造によりこの場合も、単一モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0056】以上は狭ストライプの単一モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい。また引張り至バリ層10は、3元のIn_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2から形成してもよい。

【0057】次に、本発明の第7の実施形態に係る半導体レーザの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図9に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0058】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板161上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層162、nまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層163、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層164、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層165、i-In_{0.2}Ga_{0.8}As_{1-y}P_y2 引張り至バリ層166、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層167、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層168、p-In_{0.4}Ga_{0.6}x₄As_{1-y}P_y4 エッチング阻止層(厚み10nm程度)169、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層170、p-GaAsコンタクト層171を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層171の上にSiO₂等の絶縁膜172を形成する(図9(a))。なおp-In_{0.4}Ga_{0.6}x₄As_{1-y}P_y4 エッチング阻止層169は、基板161に格子整合し、かつ量子井戸活性層165よりもバインドギャップが大きい組成とする。

【0059】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜172の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の絶縁膜172を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜172をマスクとしてウェットエッチングにより、p-In_{0.4}Ga_{0.6}x₄As_{1-y}P_y4 エッチング阻止層169の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0060】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層171をエッチングし、硫酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層170を除去すれば、エッチングがp-In_{0.4}Ga_{0.6}x₄As_{1-y}P_y4 エッチング阻止層169の上面で自動的に停止する。

【0061】なお、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層167およびp-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層168の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

(7)

【0062】次に絶縁膜172を除去してから絶縁膜173を形成し(図面(b))、その後通常のシリコングラフイーによりリジストライアゲ上の絶縁膜173を除去して、その上にp側電極174を形成し、その後、基板16の研削を行なってからn側電極175を形成する(図面(c))。

【0063】次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザーが完成する。

【0064】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0065】以上には狭ストライアの単一横モードレーザーについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光増幅層と上部第一ラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、3元のIn₂Ga_{1-x}P_{2x}から形成してもよい。

【0066】図10は、本発明の第8の実施形態に係る半導体レーザーの断面図である。この半導体レーザーの構成を、作成方法と併せて説明する。

【0067】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板201上に、n-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層202、nまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層203、i-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層204、In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層205、量子井戸活性層206、i-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層207、p-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層208、p-GaAsコンタクト層209を順次積層する。

【0068】次にp-GaAsコンタクト層209の上にp側電極210を形成し、その後、基板201の研削を行なってからn側電極211を形成する。次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザーが完成する。

【0069】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0070】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の半導体レーザーについて説明したが、上記の構成に絶縁膜ストライアゲを形成して利得増強型ストライアゲとしてよい、さらに、本実施形態の半導体レーザーの半導体層構成を、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率増強増倍や半導体レーザー、屈折率付きの半導体レーザー、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0071】また、上記実施形態では、GaAs基板はn型の導電性のもを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

12

【0072】さらに、活性層は多量量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み(合計層厚)との積は、0.1nm以内とする。また、引張り歪バリ層は、3元のIn₂Ga_{1-x}P_{2x}引張り歪バリ層であってよい。

【0073】次に、本発明の第9の実施形態に係る半導体レーザーの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図11に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を製作方法と併せて説明する。

【0074】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板221上に、n-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層222、nまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層223、In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層224、In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層225、量子井戸活性層226、i-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層227、p-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層228、p-GaAsコンタクト層229を順次積層し、さらにこのコンタクト層229の上にSiO₂等の絶縁膜230を形成する(図11(a))。

【0075】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜230の中央部に幅3 μm程度のストライアゲ部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライアゲ状の絶縁膜230を除去する。そして、この残されたストライアゲ状の絶縁膜230をマスクとしてリソグラフィにより、pまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層231の上面までエピタキシャル層を除去してリジストライアゲを形成する。

【0076】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層229をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層228を除去すれば、エッチングがpまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層229の上面で自動的に停止する。なおpまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層229の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率増強が高出力領域まで達成できるように厚みとする。

【0077】次に絶縁膜230を除去後、リソグラフィにより露出している光増幅層227の全面に絶縁膜231を形成する(図面(b))。次に、通常のシリコングラフイーにより、リジストライアゲ上の絶縁膜231を除去し、露出したコンタクト層229を露出するようにp側電極232を形成し、その後、基板221の研削を行なってからn側電極233を形成する(図面(c))。

【0078】次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザーが完成する。

【0079】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

13

【0080】以上には狭ストライアの単一横モードレーザーについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光増幅層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、4元のIn₂Ga_{1-x}P_{2x}から形成してもよい。

【0081】次に、本発明の第10の実施形態に係る半導体レーザーの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図12に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を製作方法と併せて説明する。

【0082】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板241上に、n-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層242、nまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層243、In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層244、In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層245、量子井戸活性層246、i-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層247、p-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層248、p-GaAsコンタクト層249を順次積層し、さらにこのキヤップ層249の上にSiO₂等の絶縁膜250を形成する(図12(a))。

【0083】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜250の中央部に幅3 μm程度のストライアゲ部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライアゲ状の絶縁膜250を除去する。そして、この残されたストライアゲ状の絶縁膜250をマスクとしてリソグラフィにより、pまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層251の上面までエピタキシャル層を除去してリジストライアゲを形成する。

【0084】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層249をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層248を除去すれば、エッチングがpまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層249の上面で自動的に停止する。

【0085】その後、選択成長により、クラッド層248より屈折率の小さい、厚みが1 μm程度の、基板241に格子整合するn-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52P電阻層251を形成する(図面(b))。

【0086】なおn-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52P電阻層251の組成と、pまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層248の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率増強が高出力領域まで達成できるように厚みとする。

【0087】次に絶縁膜250を除去して、p-GaAsコンタクト層252を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層252の上にn側電極253を形成し、その後、基板241の研削を行なってからn側電極254を形成する(図面(c))。

【0088】次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザーが完成する。

(8)

【0089】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0090】以上には狭ストライアの単一横モードレーザーについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光増幅層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、3元のIn₂Ga_{1-x}P_{2x}から形成してもよい。

【0091】次に、本発明の第11の実施形態に係る半導体レーザーの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図13に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を製作方法と併せて説明する。

【0092】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板261上に、n-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層262、nまたは-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層263、In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層264、In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層265、量子井戸活性層266、i-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層267、p-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層268、p-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層269、p-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層270、p-GaAsコンタクト層271を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層271の上にSiO₂等の絶縁膜272を形成する(図13(a))。なおp-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層269は、基板261に格子整合し、かつ量子井戸活性層265よりバンプドキヤップが大きい組成とする。

【0093】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜272の中央部に幅3 μm程度のストライアゲ部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライアゲ状の絶縁膜272を除去する。そして、この残されたストライアゲ状の絶縁膜272をマスクとしてリソグラフィにより、p-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層273の上面までエピタキシャル層を除去してリジストライアゲを形成する。

【0094】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層271をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層270を除去すれば、エッチングがp-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層268の上面で自動的に停止する。

【0095】なおp-In_{0.48}(Al_{1.6}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層268の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率増強が高出力領域まで達成できるように厚みとする。

【0096】次に絶縁膜272を除去してから絶縁膜273を形成し(図面(b))、その後通常のシリコングラフイーによりリジストライアゲ上の絶縁膜273を除去して、その上にp側電極274を形成し、その後、基板261の研削を行

(9)

15

なつてからn側電極25を形成する(同図(c))。
【0097】次に、試料を焼結して形成した異接面の一
面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コート
を施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ
素子が完成する。

【0098】上記製造によりこの場合も、単一モードレー
ザを保つまま、高いレベルの光出力の0.8 μmのレー
ザを発生させることができる。

【0099】以上は快スライアの単一モードレーザ
について述べたが、上記構造は傾斜ストライプアルチモ
ードにも適用できる。その場合、光導波路と上部第一ク
ラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すれば
よい。また引張り歪バリ層は、3元のIn_{0.2}Ga_{0.8}xPか
ら形成してもよい。また、この実施の形態では、GaAs基
板はn型の導電性のもを用いているが、p型の導電性
の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した
全ての導電性を反対にすればよい。

【0100】さらに、以上説明した実施の形態では特に
量子井戸が単一で、光導波路組成が一定のSQW-SC
Hと呼ばれる構造を示したが、SQWの代わりに量子井
戸を複数とするMQWとしてもよい。

【0101】また、前記In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3活性層の
組成比等制御することにより、発波長は、750nm<
λ<850nmの範囲で制御が可能である。

【0102】また、半導体層の成長法としては上述の有
機金属気相成長法その他、固体あるいはガスを原料とする
分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。

【0103】なお、本発明の半導体レーザは高速な情報
・画像処理および通信、計測、医療、印刷等の分野での
光源としても応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による半導体レーザを示
す断面図

【図2】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例
との最高光出力を示すグラフ

【図3】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例
との閾値電流の温度依存性を示すグラフ

【図4】本発明の第2実施形態による半導体レーザ、お
よびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図5】本発明の第3実施形態による半導体レーザ、お
よびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図6】本発明の第4実施形態による半導体レーザを示
す断面図

【図7】本発明の第5実施形態による半導体レーザ、お
よびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図8】本発明の第6実施形態による半導体レーザ、お
よびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図9】本発明の第7実施形態による半導体レーザ、お
よびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図10】本発明の第8実施形態による半導体レーザ、

(10)

16

およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図11】本発明の第9実施形態による半導体レーザ、
およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図12】本発明の第10実施形態による半導体レー
ザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図13】本発明の第11実施形態による半導体レー
ザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【符号の説明】

1 n-GaAs基板
2 n-Ga_{1-z}Al_zAsクラッド層
3 n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路
4 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
5 In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
6 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
7 p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路
8 p-Ga_{1-z}Al_zAs クラッド層
9 p-GaAsコンタクト層
10 p側電極
11 n側電極
20 21 n-GaAs基板
22 n-Ga_{1-z}Al_zAsクラッド層
23 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路
24 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
25 In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
26 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
27 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路
28 p-Ga_{1-z}Al_zAs 上部第一クラッド層
29 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 エンチング阻止層
30 p-Ga_{1-z}Al_zAs 上部第二クラッド層
31 p-GaAsコンタクト層
32 p側電極
33 n側電極
41 n-GaAs基板
42 n-Ga_{1-z}Al_zAsクラッド層
43 n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路
44 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
45 In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
46 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
47 p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路
48 p-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y4 エンチング阻止層
49 p-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y4 上部第一クラッド層
50 p-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y4 上部第二クラッド層
51 p-GaAsコンタクト層
52 p側電極
53 n側電極
101 n-GaAs基板
102 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層
103 n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路
104 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
105 In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

17

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

18

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52Pクラッド層

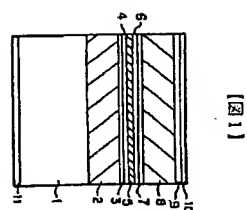
n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

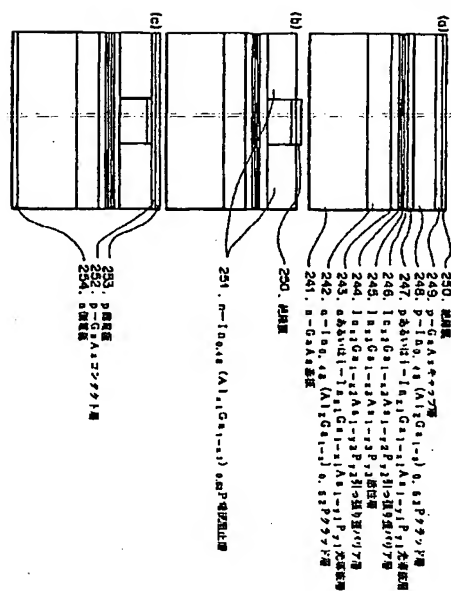
In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

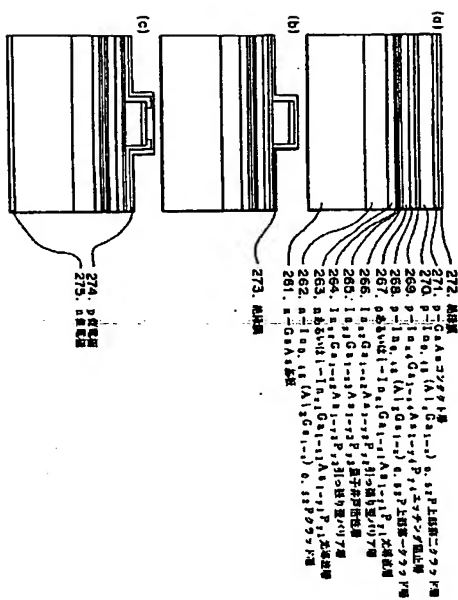
p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路



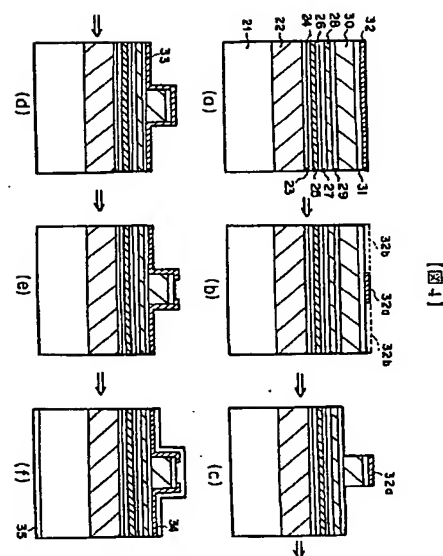
【圖 1】



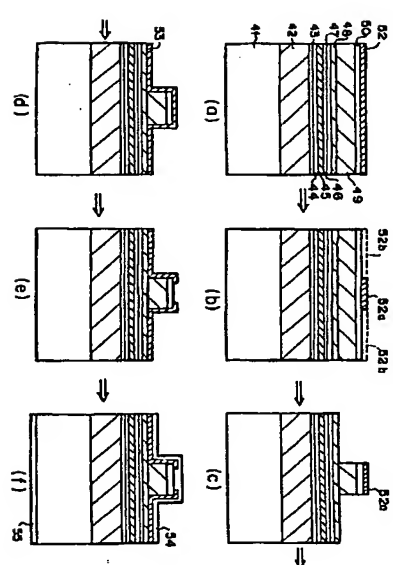
【図2】



【例 3】



【圖】



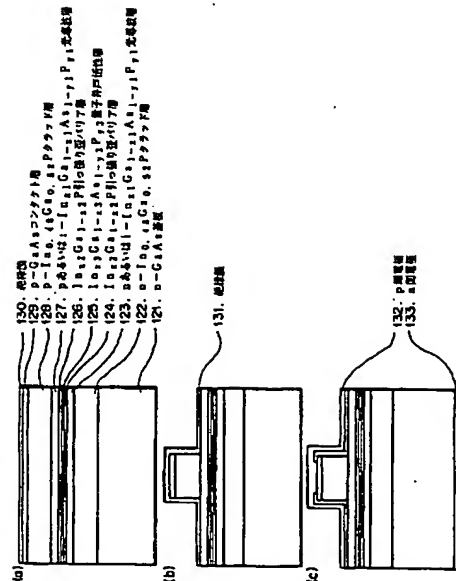
【圖 5】



【図6】

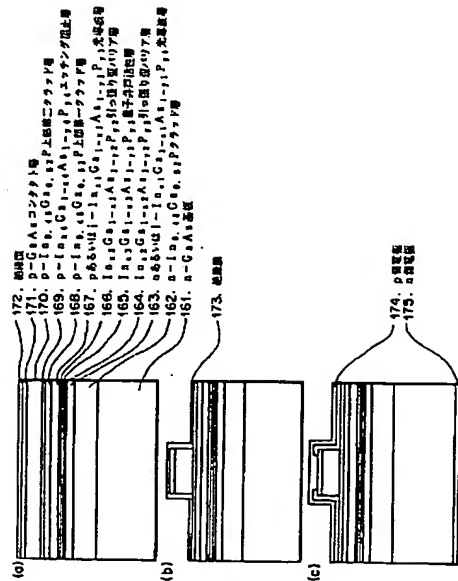
(13)

【图7】

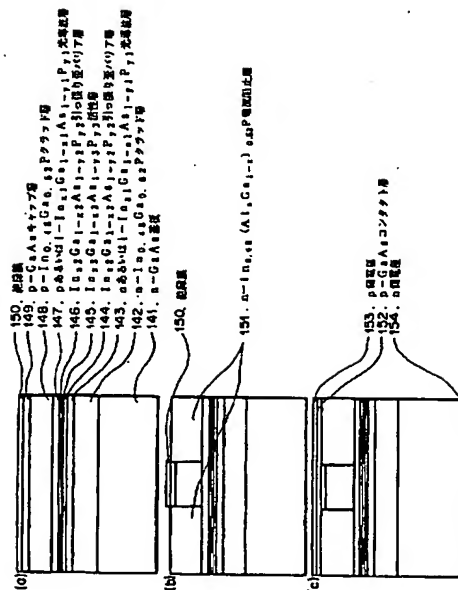


(14)

【图9】



【图8】

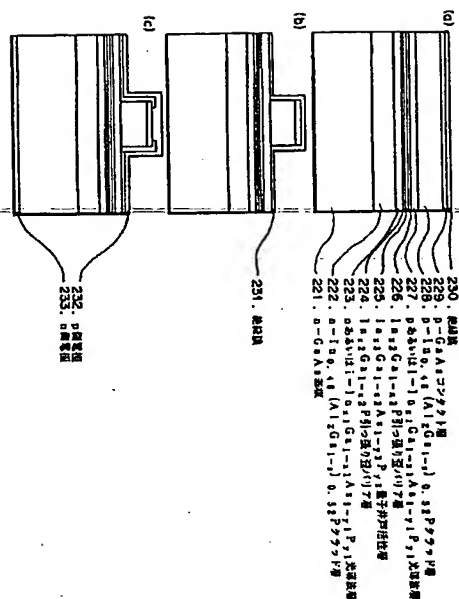


【図10】



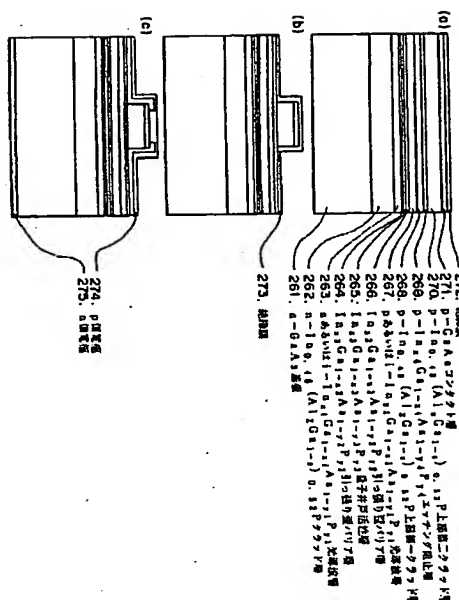
(15)

【図11】

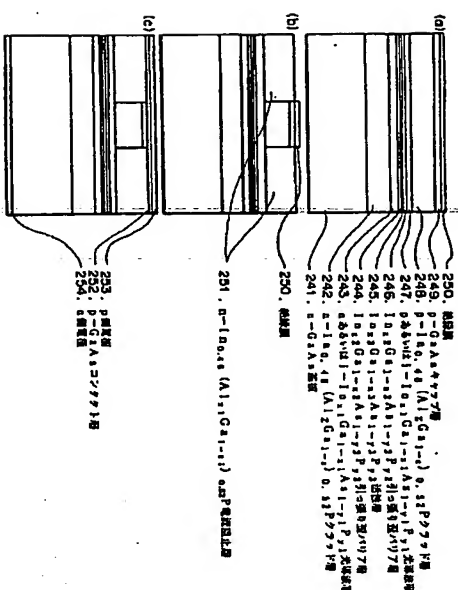


(16)

【図13】



【図12】



【手続補正書】
 【提出日】平成10年11月16日
 【手続補正1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】請求項1
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【請求項1】 GaAs基板上に、pおよびn型の一方向導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In₂Ga_{1-x}As_x層、In₂Ga_{1-x}As_x層、In₂Ga_{1-x}As_x層、第二クラッド層、第二光導波層、p型およびn型他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、
 前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板上に格子整合合する組成からなり、
 前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板上に格子整合合する組成からなり、
 前記第一および第二クラッド層が、前記GaAs基板上に対して引張り歪を有する、合計層厚10〜30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05〜0.2nmを満たす組成からなり、
 前記In₂Ga_{1-x}As_x層が、格子井戸活性層が、前記GaAs基板上に格子整合合する組成、もしくは、前記GaAs基板上に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。